

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-076128

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

G06T 1/00

G01B 11/00

G08G 1/16

(21)Application number : 11-255459

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 09.09.1999

(72)Inventor : HATTORI HIROSHI

## (54) DEVICE AND METHOD FOR DETECTING OBSTACLE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To fast detect an obstacle existing on a road surface with high accuracy even though stereo cameras are not corrected and even under a situation in which there are changes in vibrations during traveling and in slopes on a road surface by using the stereo cameras on a vehicle.

**SOLUTION:** This obstacle detecting device consists of a plurality of uncorrected TV cameras inputting images, an image storing part 2 for storing a plurality of images inputted by the plurality of TV cameras, a characteristic extracting part 3 extracting a plurality of mutually parallel lines existing on a road surface, a parameter calculating part 4 calculating a relational expression established among projected positions to each image of an optional point on the road surface from the plurality of lines extracted by the part 3, and a detecting part 5 which uses the relational expression calculated by the part 4 and detects an object having height from the road surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.03.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[0002]

[Conventional technique] Techniques for the purpose of detecting an obstacle by a sensor are largely categorized into two groups, i.e., ones using laser or ultrasonic waves and ones using a video camera. The ones using laser are expensive and hence impractical. Comparably, the ones using ultrasonic waves are low in resolution thereof and hence there is a problem in accuracy of detecting an obstacle.

[0003] Contrarily, a video camera is comparably inexpensive and is suitable to detecting an obstacle in terms of resolution, measurement accuracy and measurement range. In the case of using a video camera, there are method of using a single camera and that of using a plurality thereof (a stereo camera).

[0004] A method of using a single camera separates a road zone from an obstacle zone by using information, as a clue, such as brightness, color or texture of a single image photographed by the camera. The method, for instance, acquires a road zone by extracting a middle grade brightness zone with a low saturation within an image, that is, a gray zone, or extracts a road zone by acquiring a zone with a small amount of texture, and regards other zones as obstacle zones. However, there are many obstacles having a similar brightness, color or texture to a road, and therefore it is difficult to discriminate an obstacle zone from a road zone under a usual condition.

[0005] Contrarily, a method of using a plurality of cameras detects an obstacle by using three-dimensional information as a clue. A technique for obtaining three-dimensional information of a target scene by using a plurality of cameras is generally called a stereo view. The stereo view places two cameras on the left and right for example, correlates a point, which is a single point in a three-dimensional space, between the left and right images and acquires a three-dimensional position of the point by the art of triangulation. An acquisition of a position, an attitude, et cetera, of each camera relative to the road plane in advance enables acquisition of a height, from the road plane, of a discretionary point within an image by way of the stereo view.

Therefore, it is possible to discriminate an obstacle zone from the road zone by a presence or absence of the height. Although the method of using a single camera has a difficulty of detecting a zone having similar brightness, color or texture to a road as an obstacle, the stereo view detects an obstacle by a height thereof from the road surface as a clue, thereby enabling a detection of an obstacle in more common scenes.

[0020] It is assumed that a road plane changes from a reference plane  $Z = 0$  to an inclined plane  $Z = pY$  due to an inclination change of the road or a vibration of the vehicle itself at the time of driving the vehicle (Fig. 4). The inclination in the X direction as compared to that of the Y direction is generally so small as to be negligible and hence the equation of the inclined plane can be expressed by  $Z = pY$ , where the intersecting line between the inclined plane and reference plane is defined as X axis. A method for enabling a calculation of a road plane constraint relative to  $Z = pY$  from a movement of two white lines (Fig. 7) is shown. A projected position  $(u', v')$  of a point  $(X, Y, Z)$  on the inclined plane to the image, when substituting  $Z = pY$  for the expression (2), under the above described two premises:

(10)

Here, assuming the inclination is minimal, that is,  $p \approx 0$ :

(11)

Let  $Y_c = Y + \beta$ , and modifying the expression relating  $v'$  based on the expression (3):

(12);

where  $(u'_0, v'_0)^T = t'$  is a disappearance point of two white lines.

Letting  $\Delta_u = (\Delta_u, \Delta_v)^T = u - t$ , and  $\Delta_u' = (\Delta_u', \Delta_v')^T = u' - t'$ , then  $\Delta_u = MX$  from

the expression (7) and therefore the above expression

$$(13);$$

where,  $\Delta_t = (\Delta_{u0}, \Delta_{v0})^T = t - t'$ ; from the expression (7);  
hence [Expression 13] is:

$$(14),$$

and letting the [expression 14] be,

$$(15)$$

then it becomes  $1/Y_c = m_{21}\Delta u + m_{22}\Delta v$ . Therefore the expression (13) is:

$$(16);$$

where,  $\beta_1 = m_{21}\beta$ ,  $\beta_2 = m_{22}\beta$ .

Letting a white line on one side of the image change from

$$l_1: \Delta v = p_1 \Delta u \text{ to } l'_1: \Delta v' = p'_1 \Delta u'$$

due to an inclination as shown by Fig. 7, then obtains from the expression (16),

$$(17)$$

Modifying the expression relating to another white line ( $l_2$  to  $l'_2$ ),  
obtains:

$$(18);$$

and thus two linear equation relating to  $\beta = (\beta_1, \beta_2)^T$ . Acquiring  $\beta$  from these, a determination K of the expression (16) can be acquired. Carrying out the above described processing for each of the left and right images, then the projected position of a point on the road plane

is converted into  $\Delta u'_1 = K_1 \Delta u_1$  ,  $\Delta u_r = K_r \Delta u_r$  due to a change of the inclination.

Therefore, using the expression (9), obtains;

(19);

thus resulting in "A" in the expression (9) changing to  $A' = K_r A K_1 - 1$ . The expression (19) is the road plane constraint relating to an inclined plane.

[0021] A detection unit 5 detects an obstacle by using the road plane constraint acquired by a parameter calculation unit 4. It acquires a corresponding point  $(u_r, v_r)$  in the right image from the expression (19) in the case of assuming that a point  $(u, v)$  exists on the road plane, with the brightness IL of a discretionary point  $(u_1, v_1)$  in the left image being IL  $(u_1, v_1)$  and determines the brightness to be IR  $(u_r, v_r)$ . If the point  $(u, v)$  exists on the road plane, the points P and P' are correctly corresponding pair, and therefore the brightness of the points P and P' are basically the same. That is;

(20);

the point P where  $D \neq 0$ , or  $D > \text{Thr}$  (where a Thr is a threshold value set in advance) by considering an error is judged as belonging to an obstacle zone.

[0022] As mentioned above, it is possible to detect an obstacle on the road plane from stereo camera installed by the vehicle at the time of driving the vehicle.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-76128  
(P2001-76128A)

(43)公開日 平成13年 3月23日 (2001. 3. 23)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/62	3 8 0 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H 5 B 0 5 7
G 0 8 G 1/16		G 0 8 G 1/16	C 5 H 1 8 0

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-255459

(22)出願日 平成11年 9月 9日 (1999. 9. 9)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 服部 寛

大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号

株式会社東芝関西支社内

(74)代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外1名)

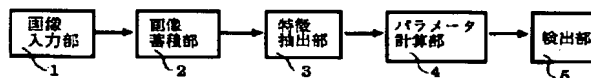
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 障害物検出装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 車載のステレオカメラを用いて、ステレオカメラが未校正で、走行中の振動や道路面の傾斜の変化がある状況下でも、道路面上に存在する障害物の高速かつ高精度な検出を実現する。

【解決手段】 画像を入力する複数台の未校正のTVカメラと、複数のTVカメラにより入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部2と、道路面上に存在する互いに平行な複数の線を抽出する特徴抽出部3と、特徴抽出部3により抽出された複数の線から、道路面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式を求めるパラメータ計算部4と、パラメータ計算部4によって求めた関係式を用いて、道路面から高さを有する物体を検出する検出部5から構成される。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 画像を入力する複数台のTVカメラと、複数台のTVカメラにより入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部と、3次元空間中のある面上に存在する線を画像から抽出する特徴抽出部と、特徴抽出部により抽出された線から、上記面上の任意の点の、上記複数枚の各画像への投影位置間に成り立つ関係式を求めるパラメータ計算部と、パラメータ計算部により算出した関係式を用いて、上記面上に存在しない領域を検出する検出部からなることを特徴とする障害物検出装置。

【請求項2】 請求項1に記載の複数台のTVカメラが、互いの位置、姿勢、及び、各カメラの焦点距離、画像中心が未知であることを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置。

【請求項3】 請求項1に記載のパラメータ計算部が、3次元空間中のある面上の任意の点の、複数枚の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式を2次元のアフィン変換で表現し、そのアフィン変換パラメータを求めることを特徴とする請求項1、請求項2、のいずれかに記載の障害物検出装置。

【請求項4】 請求項1に記載の特徴抽出部が、3次元空間中のある面上に存在し、請求項1に記載の複数台のTVカメラとほぼ同一方向で、3次元空間中で互いに平行な複数の線を画像から抽出し、それらの線の消失点を求めることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3のいずれかに記載の障害物検出装置。

【請求項5】 請求項1に記載の特徴抽出部が、3次元空間中のある面上に存在し、請求項1に記載の複数台のTVカメラとほぼ同一方向で、3次元空間中で互いに平行な複数の線を画像から抽出し、それらの線の画像上での傾きと、消失点を求めることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3のいずれかに記載の障害物検出装置。

【請求項6】 複数台のTVカメラにより入力された複数枚の画像を蓄積し、3次元空間中のある面上に存在する線をこれらの画像から抽出し、特徴抽出部により抽出された線から上記面上の任意の点の上記複数枚の各画像への投影位置間に成り立つ関係式を求めて、求められた関係式を用いて上記面上に存在しない領域を検出することを特徴とする障害物検出方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 自動車の安全運転を支援するために、車載カメラにより、先行車や歩行者、駐車車両等、道路上に存在する障害物を検出する障害物検出装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 センサにより障害物を検知するための技術は、レーザや超音波等を利用するものと、TVカメラを利用するものに大別される。レーザを利用するものは、

高価であり、非実用的である。また、超音波を利用するものは超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題がある。

【0003】 これに対し、TVカメラは比較的安価であり、解像度や計測精度、計測範囲の面からも障害物検出に適する。TVカメラを用いる場合、1台のカメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

【0004】 1台のカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、輝度や色、あるいはテクスチャ等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域を分離する。例えば、画像中で彩度の低い中程度の輝度領域、つまり灰色の領域を抽出し道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて、道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域とする。しかし、道路と似た輝度、色、あるいはテクスチャを持つ障害物も数多く存在するため、この方法で一般の状況下において障害物領域と道路領域を切り分けるのは困難である。

【0005】 これに対し、複数台のカメラを用いる方法は3次元情報を手がかりにして障害物を検出する。複数台のカメラを用いて対象シーンの3次元情報を得る技術は、一般にステレオ視と呼ばれる。ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配置し、3次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測量の要領で、その点の3次元位置を求めるものである。各カメラの道路平面に対する位置や姿勢等をあらかじめ求めておくと、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さが得られる。したがって、高さの有無により、障害物領域と道路領域を分離することができる。1台のカメラを用いる方式では、道路と似た輝度や色、テクスチャを持つ領域を障害物として検出することは困難であるが、ステレオ視によれば、道路面からの高さを手がかりにして障害物を検出するため、より一般的なシーンでの障害物検出が可能である。

【0006】 通常のステレオ視は、画像上の任意の点のステレオカメラからの距離を求める技術であり、このためには、あらかじめ複数のカメラの間隔や向き、およびカメラレンズの焦点距離、画像中心等に関するパラメータを求める必要がある。これらを求める作業をキャリブレーションと呼ぶ。キャリブレーションは、3次元位置が既知な点を多数用意し、その点の画像への投影位置を求め、カメラの位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関するパラメータを算出する。しかし、この作業は多大な時間と労力を必要とし、ステレオ視による障害物検出の実用化を妨げる原因の1つとなっている。

【0007】 しかし、画像上で道路領域と障害物領域を分離すればよいのであれば、必ずしもキャリブレーションは必要でない。すなわち、道路平面上の点の左右画像への投影点を $(u_l, v_l)$ 、 $(u_r, v_r)$ とすれば、

【数1】

$$u_r = \frac{h_{11}u_l + h_{12}v_l + h_{13}}{h_{31}u_l + h_{32}v_l + h_{33}}, \quad v_r = \frac{h_{21}u_l + h_{22}v_l + h_{23}}{h_{31}u_l + h_{32}v_l + h_{33}} \quad (1)$$

【外1】

という関係式が成り立つ。  $h = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$  ( $T$  は転置記号) は、

各カメラの道路平面に対する位置と姿勢、さらに、各カメラのレンズの焦点距離、画像原点に関するパラメータである。  $h$  は、あらかじめ道路平面上の4点以上の左右画像への投影点から求めておく。この関係式を用いて、左画像上の任意の点  $P(u_l, v_l)$  が道路平面上に存在すると仮定した場合の右画像上の対応点  $P'(u_r, v_r)$  を求める。点  $P$  が道路平面上に存在すれば、点  $P$  と  $P'$  が正しい対応点の組となるので、2点の輝度の差は小さくなる。したがって、点  $P$  と  $P'$  の輝度の違いが大きい場合には、点  $P$  は障害物領域に属すると判定する。以下では式1を道路平面拘束と呼ぶ。

【0008】この方式には、キャリブレーションと並んで、ステレオ視の問題である対応探索が不要というメリットもある。通常のステレオ視は、左右画像間で同一点を対応づける必要があり、その対応づけは探索計算により行われるため、計算コストが高い。しかし、上記の方式は、その対応探索が不要であるため、計算コストが極めて低く、実用的な方式である。

【0009】ステレオカメラが3次元空間中で固定していれば、道路平面と各カメラの幾何学的な関係は不変であるので、一度求めたパラメータ  $h$  を使って、道路平面上に存在する障害物を検出可能である。しかし、車が走行している場合には、車自身の振動や道路の傾斜の変化等のため、道路平面と各カメラの相対的な位置や姿勢の関係は時々刻々変化する。つまり、走行中にパラメータ  $h$  は変化するため、静止時に求めた道路平面拘束を走行中の障害物検出に用いることはできない。

【0010】通常、このような問題に対しては、道路面上の多数の特徴点（道路上のペイントの角点等）を使って道路平面拘束を計算し、障害物を検出するという方法が用いられる。しかし、道路面上の多数の特徴点を抽出することは困難であり、障害物上の特徴点を誤抽出することが多い。さらに、抽出した特徴点の対応探索を行なう必要があるため、計算コストが高い。また、求めるパラメータの数が多いため、安定に道路平面拘束を求めることは極めて難しいという問題があった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、障害物検出装置はレーザや超音波を用いるものとTVカメラを用いるものに大別できるが、レーザや超音波を利用する障害物検出装置は高価であったり、計測精度が低いという問題があった。また、TVカメラを利用する障害物検出装置は、使用環境が限定されていたり、多大な時間と労力を必要とするキャリブレーションが必要であった

り、計算コストが高い左右画像の対応探索が必要であったり、車の走行中の振動や道路の傾斜に対処する実用的な方策がないという問題があった。そこで、本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、キャリブレーションの手間が少なく、道路両端の2本の白線の走行中の画像上の動きだけから、道路平面と各カメラの幾何学的な関係を求めることにより、走行中に振動や道路自身に傾斜があっても、道路平面上に存在する障害物を高速に検出する障害物検出装置を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】画像を入力する複数台のTVカメラと、複数のTVカメラにより入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部と、道路面上に存在する線を抽出する特徴抽出部と、特徴抽出部により抽出された複数の線から、道路面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式を求めるパラメータ計算部と、パラメータ計算部によって求めた関係式を用いて、道路面から異なる高さを有する物体を検出する検出部から構成される。

【0013】

【発明の実施の形態】以下で、本発明の実施例を図面に従い説明する。本実施例は、図1に示すように車に搭載した左右2台のステレオカメラから、歩行者や先行車、駐車車両等、道路平面上に存在する障害物を検出する状況を想定している。図2は同実施例における本装置の概略構成を示すもので、ここでは画像入力部1、画像蓄積部2、特徴抽出部3、パラメータ計算部4、検出部5から構成している。本装置は、道路平面上の点の左右画像への投影位置の間に成り立つ関係式（以下では道路平面拘束と呼ぶ）を静止時にあらかじめ求めておいて、自車の振動や道路の傾斜等により時々刻々変化する走行時の道路平面拘束を、道路上に存在する2本の白線の動きのみから計算し、それを用いて道路平面上に存在する障害物と道路領域を識別する。

【0014】同実施例では、図3に示すように、道路両端の2本の白線を  $l_1$ 、 $l_2$  とし、直線  $l_1$ 、 $l_2$  方向をY軸、左右、上下方向を各々X、Z軸、傾斜のない平面（基準面）をXY平面とするステレオカメラ座標系を設定する。画像入力部1は、左右2台のTVカメラを用いて2枚の画像を入力する。これら2台のカメラの位置や姿勢をあらかじめ求めておく必要はないが、ここでは各カメラは車に固定されており、走行中には変化しないものとする。

【0015】画像蓄積部2は、画像入力部1により入力



された2枚の画像を画像メモリに蓄積する。

【0016】特徴抽出部3は、画像蓄積部2により蓄積された2枚の画像上において、図6に示すように、2本の直線 $l_1$ 、 $l_2$ を各々検出し、その交点(消失点)を求める。この直線検出はエッジ抽出処理とHough変換等を用いて行なう。

【0017】パラメータ計算部4は、静止時に求めた

$$u = \frac{h_{11}X + h_{12}Y + h_{13}Z + t_1}{h_{31}X + h_{32}Y + h_{33}Z + t_3} \quad (2)$$

$$v = \frac{h_{21}X + h_{22}Y + h_{23}Z + t_2}{h_{31}X + h_{32}Y + h_{33}Z + t_3} \quad (3)$$

【外2】

という関係式が成り立つ。 $h=(h_{11}, h_{12}, \dots, t_3)^T$ はカメラの位置と姿勢、焦点距離、画像中心に関するパラメータである。 $h$ は定数倍しても同一のカメラモデルを表すので、 $h$ の任意の1要素を“1”としても一般性を失わない。そこで以下では $h_{32}=1$ とする。

基準平面に対する道路平面拘束と、特徴抽出部3により求めた2本の白線とその消失点から、走行時の道路平面拘束を計算する。以下に、この方法について説明する。

3次元空間中の点 $(X, Y, Z)$ の画像への投影点 $(u, v)$ とすると、一般に、

【数2】

【0018】図3に示したステレオカメラ座標系では道路平面(基準面)は $Z=0$ と表されるため、道路平面上の点 $P(X, Y)$ の投影点は上式に $Z=0$ を代入して、

【数3】

$$u = \frac{h_{11}X + h_{12}Y + t_1}{h_{31}X + Y + t_3}, v = \frac{h_{21}X + h_{22}Y + t_2}{h_{31}X + Y + t_3} \quad (4)$$

となる。ここで以下の前提下でカメラモデルを考える。

【0019】これらの前提の下では、

(a) カメラから比較的遠方を対象領域とする。

【数4】

(b) 左右カメラの前後の位置ずれが微小である。

$$[\text{式(4)の分母}] = Y + \beta + \frac{h_{31}X + \Delta t_3}{h_{31}} \simeq Y + \beta \quad (5)$$

となる。ここで、 $\beta$ は図5に示すような左右カメラの視点の midpoint と座標原点の $Y$ 方向のずれであり、 $t_3 = \beta +$

$\Delta t_3$ である。したがって、式(4)は、

【数5】

$$u \simeq \frac{h_{11}X + h_{12}Y + t_1}{Y + \beta}, v \simeq \frac{h_{21}X + h_{22}Y + t_2}{Y + \beta} \quad (6)$$

と簡略化できる。さらに $Y_c = Y + \beta$ とおくと、

【数6】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & t_1 - \beta h_{12} \\ h_{21} & t_2 - \beta h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X/Y_c \\ 1/Y_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \end{bmatrix} \quad (7)$$

【外3】

となる。右辺の行列を $M$ とおく。図6に示すように白線 $l_1$ 、 $l_2$ の交点(消失点)を $t=(u_0, v_0)^T$ とすると $(h_{12}, h_{22})^T = t$ である。 $X=(X/Y_c, 1/Y_c)^T$ とし、道路平面上の点 $P$ の左右画像へ

の投影点を各々 $u_l$ 、 $u_r$ とすれば、

【数7】

$$u_l - t_l = M_l X, \quad u_r - t_r = M_r X \quad (8)$$

となる( $t_l$ 、 $t_r$ は白線の消失点)。これより、

【数8】

$$u_r - t_r = M_r M_l^{-1} (u_l - t_l) = A (u_l - t_l) \quad (9)$$

となる。ここで、“ $l$ ”、“ $r$ ”は各々左右画像に対する添字である。ステレオカメラのキャリブレーションを行っていないので、 $M_l$ 、 $M_r$ は未知であるが、 $A$ は静止時に傾斜のない道路平面上の特徴点から、あらかじめ求めておく。

【0020】走行時の道路の傾斜変化や自車の振動によって、道路平面が基準面 $Z=0$ から傾斜面 $Z=pY$ と変化したとする(図4)。 $X$ 方向の勾配は、一般に $Y$ 方向の勾配に比べて十分小さいので無視することができ、傾斜面と基準面の交線を $X$ 軸にとれば、傾斜面の方程式は

$Z = pY$ と表現できる。 $Z = pY$ に対する道路平面拘束を2本の白線の動き(図7)から計算可能する方法を示す。傾斜面上の点 $(X, Y, Z)$ の画像への投影位置

$$u' = \frac{h_{11}X + (h_{12} + ph_{13})Y + t_1}{(1 + ph_{33})Y + \beta} \quad (10)$$

$(u', v')$ は、式(2)に $Z = pY$ を代入すると、前述の2つの前提下では、

【数9】

【外4】

となる。ここで傾斜が微小、すなわち $p \simeq 0$ と仮定すると、

【数10】

$$u' \simeq \frac{h_{11}X + (h_{12} + ph_{13})Y + t_1}{Y + \beta} \quad (11)$$

$Y_c = Y + \beta$ とおき、さらに式(3)より $v'$ についても同様の式変形を行うと、

【数11】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & t_1 - \beta u_0 \\ h_{21} & t_2 - \beta v_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X/Y_c \\ 1/Y_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_0' \\ v_0' \end{bmatrix} \quad (12)$$

【外5】

ただし、 $(u_0', v_0')^T = t'$ は2本の白線の消失点である。

$$\Delta u = (\Delta u, \Delta v)^T = u - t, \quad \Delta u' = (\Delta u', \Delta v')^T = u' - t' \quad \text{とおくと、式(7)より } \Delta u = MX$$

だから上式は、

【数12】

$$\begin{aligned} \Delta u' &= \begin{bmatrix} h_{11} & t_1 - \beta u_0 \\ h_{21} & t_2 - \beta v_0 \end{bmatrix} X + \beta \begin{bmatrix} 0 & \Delta u_0 \\ 0 & \Delta v_0 \end{bmatrix} X \\ &= \Delta u + \beta/Y_c \Delta t \end{aligned} \quad (13)$$

【外6】

$$\text{ただし } \Delta t = (\Delta u_0, \Delta v_0)^T = t - t'. \text{ 式(7)より,}$$

【数13】

$$X = M^{-1} \Delta u \quad (14)$$

であり、

【数14】

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \quad (15)$$

【外7】

とすると $1/Y_c = m_{21} \Delta u + m_{22} \Delta v$ となる。したがって、式(13)は、

【数15】

$$\Delta u' = \begin{bmatrix} 1 + \beta_1 \Delta u_0 & \beta_2 \Delta u_0 \\ \beta_1 \Delta v_0 & 1 + \beta_2 \Delta v_0 \end{bmatrix} \Delta u \quad (16)$$

となる。ただし、 $\beta_1 = m_{21} \beta$ 、 $\beta_2 = m_{22} \beta$ とした。図7のように傾斜によって画像上の片方の

【外8】

白線が $l_1: \Delta v = p_1 \Delta u$ から $l_1': \Delta v' = p_1' \Delta u'$ に変化したとすると式(16)より、

【数16】

$$(p'_1 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_1 + p_1 (p'_1 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_2 = p_1 - p'_1 \quad (17)$$

を得る。もう1本の白線 ( $l_2 \rightarrow l'_2$ ) についても同 【数17】  
様に式変形を行なうと、

$$(p'_2 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_1 + p_1 (p'_2 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_2 = p_2 - p'_2 \quad (18)$$

【外9】

となり、 $\beta = (\beta_1, \beta_2)^T$  に関する2本の1次方程式を得る。これらより $\beta$ を求めれば、式

(16)の行列 $K$ を求めることができる。左右画像に各 【外10】  
々について上記の処理を行なうと、道

路平面上の点の投影位置は、傾斜の変化によって $\Delta u'_i = K_i \Delta u_i$ ,  $\Delta v'_i = K_i \Delta v_i$ と変換さ

れる。したがって、式(9)を用いると、

【数18】

$$\Delta u'_r = K_r \Delta u_r = K_r A \Delta u_l = K_r A K_l^{-1} \Delta u'_l \quad (19)$$

となる。式(9)の $A$ が、傾斜により $A' = K_r A K_l - 1$ と変化したことになる。式(19)が傾斜面に対する道路平面拘束である。

【0021】検出部5は、パラメータ計算部4で求めた道路平面拘束を用いて、障害物を検出する。左画像の任意の点 $(u_l, v_l)$ の輝度を $I_L(u_l, v_l)$ とし、点 $(u, v)$ が道路平面上に存在すると仮定した場合

$$D = |I_L(u_l, v_l) - I_R(u_r, v_r)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad (20)$$

として、 $D \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D > Thr$  ( $Thr$ はあらかじめ設定した閾値)となる点 $P$ は障害物領域に属すると判定する。

【0022】以上のようにして、車載のステレオカメラから走行時に道路平面上の障害物を検出することができる。

【0023】本実施例は画像入力部1で、2台のTVカメラを左右に並べて2枚の画像を入力しているが、これらのカメラは上下に配置してもよい。また、3台以上のカメラを配置してもよい。

【0024】また、特徴抽出部3は、道路平面上の2本の線を抽出する場合について説明したが、3本以上の線を抽出してもよい。

【0025】また、走行中の自車の振動のみを考慮すればよい場合には、式(16)で $\beta = 0$  ( $\beta_1 = \beta_2 = 0$ )と仮定してよいので、同式右辺の行列が $K = 1$  ( $1$

$$g'(u, v) = g(u', v')$$

ただし、 $(u', v')$ は、式19より求める。 $g'$

$(u, v)$ は、画像 $g(u, v)$ 上の任意の点が道路平面上に存在すると仮定した場合に、左カメラで得られる画像である。例えば、図10の右画像からは、同図に示すような変換画像を得る。図11に示すように、道路平面上にある点の投影点は、左画像と変換画像で同一となるのに対し、道路平面上にない点、すなわち、障害物

合の右画像上の対応点 $(u_r, v_r)$ を式(19)から求め、その輝度を $I_R(u_r, v_r)$ とする。点 $(u, v)$ が実際に道路平面上に存在すれば、点 $P$ と $P'$ は正しい対応点の組となるから、基本的には点 $P$ と $P'$ の輝度が同じになる。つまり、

【数19】

は単位行列)となり、式(19)において、 $A' = A$ となる。これにより、さらに高速に傾斜面に対する道路平面拘束を得ることができる。

【0026】また、検出部5はさらに図8に示す構成をとることもできる。ここでは、画像変換部5-1、差異計算部5-2から構成している。画像変換部5-1は、右画像を以下の手順に従って画像変換する。一般に、画像は画像上の点 $(u, v)$ を変数とし、その各点に対して輝度値が定義された関数 $f(u, v)$ として表現できる。以下では画像をこのように表現する。

【0027】図9に示すようなステレオ画像が入力されたとし、右画像を $g(u, v)$ 、その変換後の画像を $g'(u, v)$ とする。以下のように、 $g'(u, v)$ を求める。

【数20】

$$(21)$$

(この場合は先行車両)上の点は、道路からの高さに応じて異なる位置に投影される。したがって、この左画像と変換画像の差分を取ることで、道路平面上の障害物を検出する。つまり、左画像を $f(u, v)$ とすると、

【数21】

$$D' = |f(u, v) - g'(u, v)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad (22)$$

として、 $D' \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮して、 $D' > Thr$  ( $Thr$  はあらかじめ設定した閾値) となる点  $(u, v)$  は障害物領域に属すると判定する。

【0028】また、検出部5は画素間差分をとることに  
よって2枚の画像の差異を検出したが、各点に対して

$$C = \frac{1}{N} \sum_{\eta=-w}^w \sum_{\xi=-w}^w \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (23)$$

ここで、 $N = (2w+1) \times (2w+1)$ 、 $a_1$ 、 $a_2$   
は2枚の画像のウィンドウ内の輝度の平均、

$\sigma_1^2$ 、 $\sigma_2^2$  は2枚の画像のウィンドウ内の輝度の分散である。この場合、 $C < Thr$  ( $Thr$  はあ

らかじめ設定した閾値) となる点  $(u, v)$  が障害物領域に属すると判定する。

【0029】また、本実施例では道路両端の2本の白線を直線として抽出したが、道路がカーブしている場合には白線は曲線となる。この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を検出することができる。

【0030】また、道路面として平面を仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を検出することができる。

【0031】また、本実施例は、車載カメラからの障害物検出に関して記述したが、例えば、移動ロボットの自律走行にも適用することが可能であり、本手法は車載カメラからの障害物検出に限定されるものではない。

【0032】その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で変形を実施できる。

【0033】

【発明の効果】道路平面からの高さの有無により障害物を検出するため、明るさの変動や影の影響を受けず、画像中から先行車や歩行者等の障害物を検出することができる。また、道路平面と各カメラの幾何学的な関係から成り立つ拘束式を、道路両端の2本の白線のみから求めているため、走行中の振動や道路平面に傾斜にある場合でも、高速に道路平面上の障害物を検知することがで

$(2w+1) \times (2w+1)$  のウィンドウを設定し、ウィンドウ内の輝度値の正規化相互相関  $C$  を計算して差異を検出してもよい。2枚の画像  $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$  の点  $(u, v)$  の  $C$  は、

【数22】

【外11】

き、実用的効果は多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の例。

【図2】本発明の全体構成。

【図3】ステレオカメラ座標系を説明するための図。

【図4】傾斜面を説明するための図。

【図5】パラメータ  $\beta$  を説明するための図。

【図6】道路両端の2本の白線と、その消失点を説明するための図。

【図7】道路両端の2本の白線の走行中の変化を説明するための図。

【図8】検出部5の変形例。

【図9】ステレオ画像。

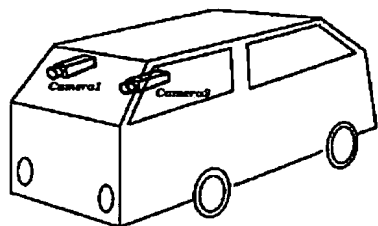
【図10】右画像とその変換画像を説明するための図。

【図11】左画像と右画像の変換画像を説明するための図。

【符号の説明】

- 1、画像入力部
- 2、画像蓄積部
- 3、特徴抽出部
- 4、パラメータ計算部
- 5、検出部

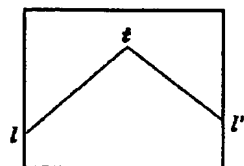
【図1】



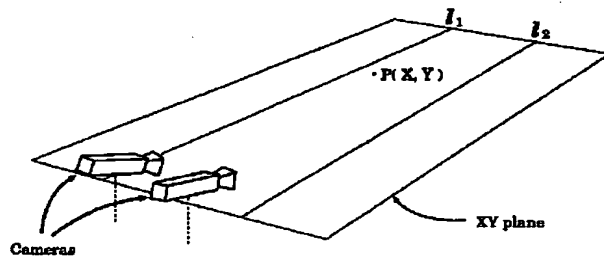
【図2】



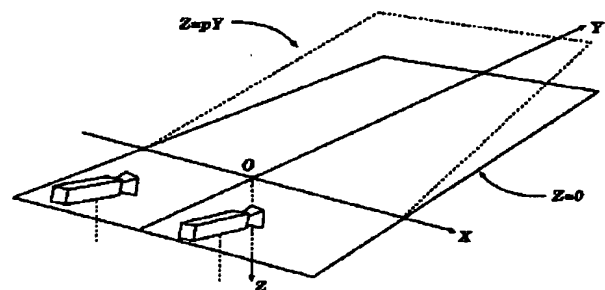
【図6】



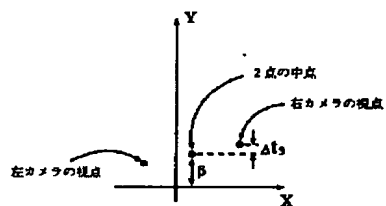
【図3】



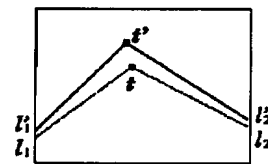
【図4】



【図5】



【図7】



【図8】

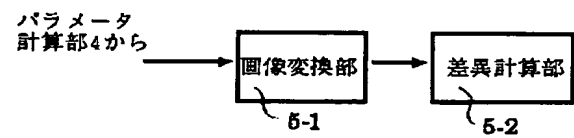
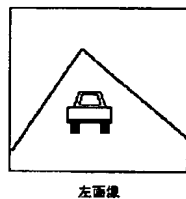
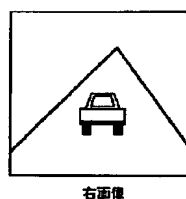


図8:

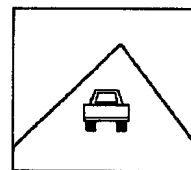
【図9】



左面像



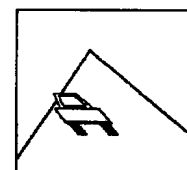
右面像



右面像

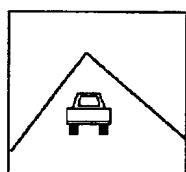
【図10】

→  
画像変換

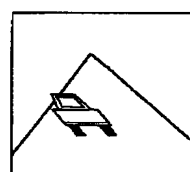


変換画像

【図11】



左面像



変換画像

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA24 DD06 FF05 JJ05  
 JJ19 JJ26 QQ00 QQ13 QQ17  
 QQ24 QQ31 QQ36 QQ41  
 5B057 AA16 BA02 CA08 CA12 CA16  
 CB08 CB13 CB16 CC01 CD01  
 CH08 DB03 DB09 DC07 DC16  
 5H180 AA01 CC04 LL01 LL08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**